
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama

Sidang Akademik 2008/2009

November 2008

EEE 443 – PEMROSESAN ISYARAT DIGIT

Masa : 3 jam

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat berserta Lampiran **TIGA (3)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **SEMUA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi soalan diberikan disudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan di dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

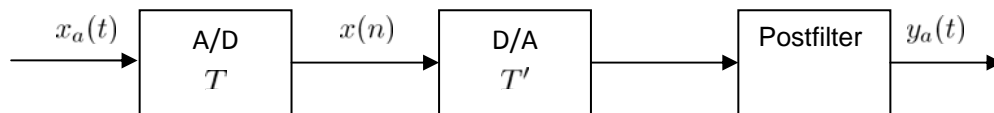
1. (a) Sila rujuk Rajah 1.1 untuk menjawab soalan ini. Tempoh pensampelan bagi penukar A/D dan D/A adalah masing-masing $T = 5$ ms dan $T' = 1$ ms. Kirakan keluaran $y_a(t)$ bagi sistem yang masukannya diberikan sebagai

Refer to Figure 1.1 to answer this question. The sampling periods of the A/D and D/A converters are $T = 5$ ms and $T' = 1$ ms, respectively. Determine the output $y_a(t)$ of the system, if the input is

$$x_a(t) = 3 \cos 100\pi t + 2 \sin 250\pi t$$

Di mana t adalah dalam unit saat. Pascapenuras tersebut digunakan untuk menyingkir frekuensi komponen yang lebih daripada $F_s/2$.

Where t is in seconds. The postfilter removes any frequency component above $F_s/2$.



Rajah 1.1 : Rajah untuk menjawab Soalan 1 (a)

Figure 1.1 : Figure to answer Question 1 (a)

(30%)

- (b) Apakah kadar Nyquist bagi satu isyarat ECG yang mengandungi frekuensi berguna sehingga 100 Hz? Dengan beranggapan bahawa isyarat ECG itu disampelkan pada kadar 250 sampel/s, apakah frekuensi tertinggi yang dapat dihasilkan secara unik pada kadar pensampelan ini?

What is the Nyquist rate for an analog electrodiagram (ECG) signals that contains useful frequencies up to 100 Hz? Suppose that the signal is sampled at a rate of 250 samples/s, what is the highest frequency that can be represented uniquely at this sampling rate?

(40%)

...3/-

- (c) Kenapa kadar Nyquist adalah sangat penting untuk tujuan pensampelan. Terangkan.

Why Nyquist rate is very important in sampling? Explain.

(10%)

- (d) Terangkan terma-terma berikut:

Explain the following terms:

- (i) Frekuensi lipatan
Folding frequency

- (ii) Pensamaran
Aliasing

- (iii) Frekuensi pensampelan
Sampling frequency

- (iv) Pengkuantuman
Quantization

(20%)

2. (a) Pertimbangkan sebuah penapis digital yang keluaran, $y(n)$ dan masukannya, $x(n)$ mempunyai hubungan seperti berikut:

Consider a digital filter whose output $y(n)$ is related to the input $x(n)$ by

$$y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)x(k+n)$$

Tentukan sama ada penapis ini

Determine whether or not the filter is

- (i) Lelurus
Linear

(ii) Anjakan tak-varian

Shift-invariant

(iii) Stabil

Stable

(iv) Kausal

Causal

(40%)

(b) Tentukan sambutan dedenyut $h(n)$ untuk sistem yang diterjemahkan di dalam persamaan perbezaan tertib kedua di bawah

Determine the impulse response $h(n)$ for the system described by the second-order difference equation below

$$y(n) - 3y(n-1) - 4y(n-2) = x(n) + 2x(n-1)$$

sekiranya persamaan perbezaan homogen (sejenis) untuk sistem ini adalah
if the homogeneous difference equation for this system is

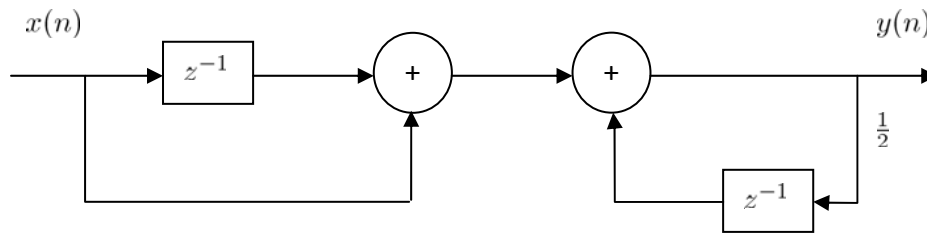
$$y_h(n) = C_1(-a)^n + C_2(4)^n, \quad n \geq 0.$$

(30%)

(c) Tentukan sambutan dedenyut $h(n)$ untuk Rajah 2.1 dan kemudian tentukan sama ada nilai ini adalah sama dengan hasil pelingkar isyarat-isyarat yang diberikan di bawah

Determine the impulse response $h(n)$ for Figure 2.1 and then determine whether this value is equal to the convolution of the following signals

$$h_1(n) = \delta(n) + \delta(n-1), \quad h_2(n) = \left(\frac{1}{2}\right)^n u(n)$$



Rajah 2.1

Figure 2.1

Terangkan jawapan anda.

Explain your answer.

(30%)

3. (a) Jelmaan-z dikatakan sama dengan Jelmaan Fourier tetapi hanya pada satu syarat. Apakah syarat tersebut?

Z-transform is said to be equivalent to Fourier transform but at only one condition. What is the condition?

(10%)

- (b) Cari jelmaan-z bagi isyarat kausal $x(n)$ berikut dengan menggunakan teknik pecahan separa. Berikan jawapan ada di dalam bentuk nilai sebenar bentuk turutan.

Determine the causal signal $x(n)$ having the following z-transform using partial fraction. Provide your answer in actual values of sequence form.

$$X(z) = \frac{1}{(1 - 2z^{-1})(1 - z^{-1})^2}$$

(40%)

...6/-

- (c) Diberi jelmaan-z seperti berikut

Given the z-transform of

$$X(z) = \frac{1 + 2z^{-1}}{z^{-2} - 2z^{-1} + 1}.$$

Cari songsangan jelmaan-z dengan menggunakan teknik pengembangan turutan kuasa, sekiranya

Determine the inverse z-transform using power series expansion, if

- (i) $x(n)$ adalah anti kausal dan

$x(n)$ is anticausal and,

- (ii) $x(n)$ adalah kausal.

$x(n)$ is causal. (50%)

4. (a) Tentukan empat titik Jelmaan Fourier Diskret (DFT) bagi turutan data $x(n) = \{2, 1, 1, 2\}$ dan carikan amplitud dan sambutan fasa yang berkaitan.

Determine the four point Discrete Fourier Transform (DFT) of the sampled data sequence $x(n) = \{2, 1, 1, 2\}$ and compute the corresponding amplitude and phase response.

(50%)

- (b) Dengan menggunakan kaedah Radix-2 DIT FFT, pastikan jawapan anda di (a).

Using Radix-2 Decimation-In-Time (DIT) Fast Fourier Transform (FFT), confirm your result in (a).

(50%)

5. (a) Satu penapis laluan rendah diperlukan untuk memenuhi spesifikasi berikut:
A digital low-pass filter is required to meet the following specifications:

- (i) Laluan lulus riak: ≤ 1 dB
Passband ripple: ≤ 1 dB
- (ii) Laluan lulus pinggir: 4 kHz
Passband edge: 4 kHz
- (iii) Laluan henti pelemahan: ≥ 40 dB
Stopband attenuation: ≥ 40 dB
- (iv) Laluan henti pinggir: 6 kHz
Stopband edge: 6 kHz
- (v) Kadar sampel: 24 kHz
Sample rate: 24 kHz

Penapis itu harus direka dengan melakukan penjelmaan dwilelurus di atas satu fungsi sistem analog. Tentukan apakah tertib rekabentuk Butterworth, Chebyshev dan analog elips yang mesti digunakan untuk memenuhi spesifikasi bagi perlaksanaan digital.

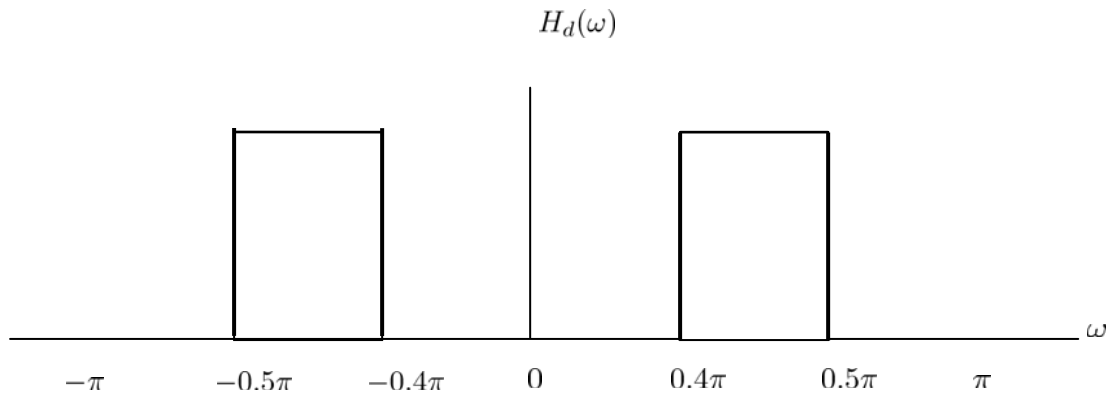
The filter is to be designed by performing a bilinear transformation on an analog system function. Determine what order Butterworth, Chebyshev and elliptic analog designs must be used to meet the specifications in the digital implementation.

(50%)

- (b) Anda diminta untuk merekacipta satu penuras FIR laluanlulus yang mempunyai tempoh $M = 201$. $H_d(\omega)$ mewakili ciri-ciri ideal satu penuras laluanlulus tidak kausal seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.1.

You are requested to design a FIR bandpass filter having a duration $M = 201$. $H_d(\omega)$ represents the ideal characteristic of the noncausal bandpass filter as shown in Figure 5.1.

...8/-



Rajah 5.1
Figure 5.1

- (i) Tentukan sambutan unit sampel (denyut) $h_d(n)$ sepadan kepada $H_d(\omega)$.

Determine the unit sample (impulse) response $h_d(n)$ corresponding to $H_d(\omega)$.

(10%)

- (ii) Bagaimana anda menggunakan tetingkap Hamming
How would you use the Hamming window

$$w(n) = 0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad -\frac{M-1}{c} \leq n \leq \frac{M-1}{2}$$

untuk merekacipta satu penuras FIR laluanlulus yang mempunyai sambutan denyut $h(n)$ untuk $0 \leq n \leq 200$.

to design a FIR bandpass filter having an impulse response $h(n)$ for $0 \leq n \leq 200$.

(20%)

- (iii) Aggapkan bahawa anda ingin merekacipta penuras FIR itu dengan $M = 201$ dengan menggunakan teknik frekuensi pensampelan yang pengkali DFTnya telah ditetapkan sebagai $H(k)$ selain daripada $h(n)$. Berikan nilai-nilai $H(k)$ untuk $0 \leq k \leq 200$ sepadan dengan $H_d(e^{j\omega})$ dan nyatakan bagaimana sambutan frekuensi daripada penuras sebenar akan berbeza daripada yang ideal. Adakah penuras sebenar mewakili rekacipta yang baik? Terangkan jawapan anda.

Suppose that you were to design the FIR filter with $M = 201$ by using the frequency-sampling technique in which the DFT coefficients $H(k)$ are specified instead of $h(n)$. Give the values of $H(k)$ for $0 \leq k \leq 200$ corresponding to $H_d(e^{j\omega})$ and indicate how the frequency response of the actual filter will differ from the ideal. Would the actual filter represent a good design? Explain your answer.

(20%)

Senarai Formula:**List of Formulae:**

- Transformasi jalur rendah ke jalur lulus

Low-pass to band-pass transformation: $s \rightarrow \frac{s^2 + \Omega_l \Omega_u}{s(\Omega_u - \Omega_l)}$

- Ω_l dan Ω_u masing-masing adalah, frekuensi terendah dan teratas bagi frekuensi-frekuensi jalur tepi dalam penuras jalur lulus.

Ω_l and Ω_u are, respectively, the lower and upper band-edge frequencies of the band-pass filter.

- Jelmaan-z Bilinear:

Bilinear z-transform: $H(z) = H(s) \Big|_{s=\frac{2}{T}(\frac{z-1}{z+1})}$

- Frekuensi analog pra-sampel $\Omega = \frac{2}{T} \tan(\omega/2)$; T ialah jangkamasa sample dan ω ialah frekuensi digit dalam domain digit.

The pre-warped analog frequency $\Omega = \frac{2}{T} \tan(\omega/2)$; T is the sampling period and ω is the frequency of the digital domain.

- Sambutan Denyut Ideal $h_D(n)$ untuk penuras lulus rendah adalah seperti berikut:
Ideal impulse response $h_D(n)$ for a low pass filter is given by:

$$h_D(n) = 2f_c \frac{\sin(n\omega_c)}{n\omega_c} \text{ for } n \neq 0, \text{ and } h_D(n) = 2f_c \text{ for } n = 0$$

- f_c ialah frekuensi potong (tepi) bagi penuras tersebut dan $\omega = 2\pi f$.

f_c is the cut-off (edge) frequency of the filter and $\omega = 2\pi f$.

- Tetingkap Hamming memenuhi berikut:
For Hamming window take:

Lebar peralihan normal = $3.3/N$.

Normalized transition width = $3.3/N$.

Riak lulus jalur (dB) = 0.0194.

Pass-band ripple (dB) = 0.0194.

Cuping utama nisbi cuping-tepi (dB) = 41.

Main-lobe relative to side-lobe (dB) = 41.

Pelemah maksimum jalur penahan (dB) = 53.

Stop-band attenuation maximum (dB) = 53.

Fungsi Tetingkap: $w(n) = 0.54 + 0.46 \cos(2\pi n/N)$, $|n| \leq (N-1)/2$.

Window function: $w(n) = 0.54 + 0.46 \cos(2\pi n/N)$, $|n| \leq (N-1)/2$.

N ialah pemalar bagi bilangan penuras.

N is the number of filter coefficients.